

**PAT-NO:** JP361231404A

**DOCUMENT-IDENTIFIER:** JP 61231404 A

**TITLE:** METHOD AND APPARATUS FOR INSPECTING OF FILM ON INNER SURFACE OF HEAT EXCHANGE PIPE PROVIDED WITH INNER SURFACE COATING FILM

**PUBN-DATE:** October 15, 1986

**INVENTOR-INFORMATION:**

**NAME** **COUNTRY**

IWASAKI, MASAYOSHI

NISHIMOTO, YOSHIRO

GONDA, YOROZU

**ASSIGNEE-INFORMATION:**

**NAME** **COUNTRY**

KOBE STEEL LTD N/A

**APPL-NO:** JP60073349

**APPL-DATE:** April 5, 1985

**INT-CL (IPC):** G01B011/30 , G01N021/88 , G21C017/00

**US-CL-CURRENT:** 356/FOR.100

**ABSTRACT:**

**PURPOSE:** To enhance inspection efficiency and to improve inspection accuracy, by reflecting light from a light emitting element by a rotary mirror to irradiate the film on the inner surface of a pipe to be inspected to perform rotary scanning and receiving the change in the quantity of reflected light by a photoelectric converter element.

**CONSTITUTION:** The laser beam generated from a semiconductive laser element is condensed by a lens to be projected to a pipe to be inspected in the center axis direction thereof and reflected by a rotary mirror to irradiate the inner wall of the pipe to be inspected as a spot with a diameter of 1mm or less. The photoelectric converter element of a light receiver receives weak reflected beam from the surface of the film on the inner surface of said pipe to photoelectrically convert of reflected beam. This electric signal is amplified by an amplifier 20 through a connection cable 16 to be inputted to a cathode ray tube oscilloscope 22 of a cathode the through a differentiator 21 and receives the observation of a wave form to be automatically recorded on a pen writing oscillograph 24 through a peak hold circuit 23. When there was a voltage signal exceeding the threshold value preset by a comparator 25, that is, the increase in the quantity of reflected beam, an alarm is emitted by an automatic alarm 26 to discriminate the pressure of a coating inferior part.

COPYRIGHT: (C)1986,JPO&Japio

## ⑫ 公開特許公報(A)

昭61-231404

⑮ Int. Cl.

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 昭和61年(1986)10月15日

G 01 B 11/30

8304-2F

G 01 N 21/88

7517-2G

G 21 C 17/00

E-7156-2G

審査請求 未請求 発明の数 2 (全6頁)

⑭ 発明の名称 内面塗装皮膜付熱交換器管の内面皮膜の検査方法および装置

⑯ 特 願 昭60-73349

⑰ 出 願 昭60(1985)4月5日

⑱ 発 明 者 岩 崎 全 良 三木市緑が丘町東3-6-18  
 ⑱ 発 明 者 西 元 善 郎 東大阪市高井田元町2丁目9番11号  
 ⑱ 発 明 者 権 田 萬 北九州市門司区大里東4丁目4番70号  
 ⑲ 出 願 人 株式会社神戸製鋼所 神戸市中央区脇浜町1丁目3番18号  
 ⑳ 代 理 人 弁理士 角田 嘉宏

## 明 細 書

## 1 発明の名称

内面塗装皮膜付熱交換器管の内面皮膜の検査方法および装置

## 2 特許請求の範囲

(1) 被検査管である内面塗装皮膜付熱交換器管内を管軸線方向に移行可能なプローブ型の検出器の透明円筒体の外蓋内に発光素子、回転ミラーおよび光電変換素子の一式を搭載して、発光素子からの光を回転ミラーで反射させて被検査管の内面皮膜を照射し回転走査し、反射光量の変化を光電変換素子に受光して電気量の変化に変換し内面皮膜の不良部を検知することを特徴とする内面塗装皮膜付熱交換器管の内面皮膜の検査方法。

(2) 内面皮膜からの正規反射光を光電変換素子により受光する特許請求の範囲第1項記載の方法。

(3) 外蓋を透明円筒体により形成してその内部に発光素子、回転ミラーおよび光電変換素子

の一式を搭載したプローブ型の検出器と、プローブ型検出器を被検査管である内面皮膜付熱交換器管内を管軸線方向に移行走査させる牽引移行装置と、プローブ型の検出器から牽引方向と反対方向に管内を通して接続される駆動、制御、測定装置とからなる内面塗装皮膜付熱交換器管の内面皮膜の検査装置。

## 3 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は火力および原子力発電プラントにおける復水器の冷却細管として用いられる内面塗装皮膜付熱交換器管の内面皮膜の検査方法および装置に関する。

復水器の冷却細管は外径1~1<sup>1</sup>/<sub>4</sub>インチ(25.4~31.75mm)、長さ10~25m程度の小径長尺管で、1器当り1万本前後の本数が使用される。

(従来の技術)

前記の復水器の冷却細管をはじめとする各種熱交換器管の耐蝕性はその保護皮膜の性状に大きく左右される。

復水器冷却細管として多く用いられて来たアルミブラスと呼ばれる銅アルミニウム合金の耐蝕性は主として管内面に形成される酸化鉄皮膜に依存している。

保護皮膜生成技術としては1961年 Bostwick が硫酸第1鉄注入法を提唱して以来、各発電所において採用され、優れた防蝕効果が認められて来た。しかし冷却水として管内を通る海水が汚染されている場合には、この方法によつても保護皮膜が生成され難いという問題と、近年環境保全の見地から海水に薬品が流出する節のある薬品注入法は制約されるようになった。

このような状況から熱交換器管の内面防蝕を目的として、(I) 管の製造工場において管内面に鉄分を含む塗料を塗布しておき人工的に保護皮膜を形成させる。(II) 使用中の管、すなわち旧管についても内面に前記塗装処理を行ない人工的に保護皮膜を形成させるようになって来た。

このように銅合金の熱交換器管内面に人工的保護皮膜を形成させて耐蝕性を高める場合、部

察も可能ではあるが、その検査速度が約1 m / 分と遅く、またファイバースコープの原理的な問題から解像度が不足であり、さらに目視判断によらなければならないので熟練が必要である等により、検査効率および検査精度の点で問題がある。いずれにせよ多数本の全量検査の実施は不可能とされ、全量の1~2%の抜取検査が実施されているに過ぎない。

(発明が解決しようとする問題点)

本発明は前記の従来の検査技術の問題点を解決し、復水器冷却細管のような小径長尺管も全長、全周にわたつて検査を実施することができ、また検査速度が速く検査効率が高くて多数本の全量検査を行なうことができ、しかも検査精度が良好で信頼性の高い検査方法および装置を提供することを目的とする。

(問題点を解決するための手段、作用、実施例)

前記目的は、本発明方法により、被検査である内面塗装皮膜付熱交換器管内を管軸線方向に行可能なプローブ型の検出器の透明円筒体

分的にでも皮膜不完全部が残存していると、その部分において集中的に孔蝕あるいは潰蝕が発生する。従つて前記の塗装処理を行なつた管は、その全量につき管内面の全周、全長にわたつて検査を実施することが望ましい。

しかしながら復水器冷却細管等は前記のように寸法的な制約があり、本数の量的な制約があるので、従来技術の検査方法では次のような抜取り検査が実施されているに過ぎなかつた。

#### (I) 代表サンプル管の抜取微蝕検査

全量の0.1%程度の本数を塗装処理後に抜取り、半割してその内面状況を観察する。

#### (II) 内視鏡による観察

ボアスコープまたはファイバースコープ等の内視装置を用いて管内面の観察を行うものであるが、ボアスコープではその構造機能上の制約により適用範囲は管端から1~3 mまでの部分に限定される。またファイバースコープでは近年適用範囲が10~20 mの長尺のものが製作され、復水器冷却細管内の全長の観

の外管内に発光素子、回転ミラーおよび光電変換素子の一式を搭載して発光素子からの光を回転ミラーで反射させて被検査管の内面皮膜を照射し回転走査し、反射光量の変化を光電変換素子に受光して電気量の変化に変換し内面皮膜の不良部を検知するようにすることにより達成される。

以下、本発明を添付図を参照しつつ具体的に説明する。先づ目視観察に依存しないで受光量変化により高い検出精度で不良部の検出を可能とする光学系の原理的な構成から始めて、検出部、制御部、装置全体の構成を順次に説明する。

一般に銅板などの表面疵の高速検査手段として、可視光線やヘリウムネオンガスレーザー光線を用いる光学的検査方法が公知である。

この方法は、いわゆるシート材を対象とし、発光器よりの光を対象物体に照射し、対象物体が不透明のときはその反射光量の変化を、またプラスチック材など透明のときは透過光量の変化を受光器でとらえて欠陥部を検知する。

反射光量方式には、欠陥入光式と欠陥遮光式とがある。欠陥入光式は、第1図(イ)に示すように、受光器(a)を対象物体(b)の面での正規の反射光を受光しない位置に配置して置き、第1図(ロ)に示すように対象物体に疵などの欠陥(c)があると反射光は散乱するのでその散乱光を受光して光電変換する。また欠陥遮光式では第1図(ハ)に示すように受光器(a)を正規反射光の入光状態にして置き、第1図(ニ)に示すように欠陥(c)による散乱のために正規反射光量が減衰する変化を光電変換する。

本発明では、前記の何れの反射光量方式とも異なり、次の現象を利用した新しい反射光量方式を採用する。すなわち、物体の表面の着色や汚れがあると光は散乱せず反射光量は吸収により減衰する。本発明はこの現象を逆用して皮膚の検査を可能とする。実験を行なったところ、本発明対象物体における金属面(d)からの正規反射光量と塗装皮膚(e)面からの正規反射光量の比率は約40:1となつた。皮膚面からの反射光量

を持つ受光器(4)を固定収納する。

発光素子(6)としては、指向などの点からレーザー光線を用い、管内に挿入できる大きさの制限から光通信などに用いられる半導体レーザー、例えば出力4mw、波長0.8 $\mu$ m、近赤外光のものを用いる。半導体レーザー素子(6)より発生したレーザー光線は発光器ホルダ(4)内のレンズ(4)で集光されて管中心軸方向に放射され、回転ミラー(8)で反射し透明円筒体(4)を透過して被検査管(2)の内壁に径1 $\phi$ 以下のスポットとして照射される。管内壁からの正規反射線と透明円筒体の中心線との交点に、前記の受光器(4)の光電変換素子(9)が配置され、管内壁皮膚面からの微弱反射光を常時受光し反射光量を光電変換する。

回転ミラー(8)は小形直流モータ(4)により約12,000 rpmの高速回転を与えられており、レーザースポットビームはこの回転速度で内壁に照射され周方向の走査を行う。

プローブ型の検出器の受光器側の端部にはケーブルコネクタ(4)が設けられ第3図、第4図に

は極めて微弱であるから、本発明では第1図(ロ)に示すように受光器(a)に配置する。この配置において第1図(ハ)に示すように塗装不完全部の金属面(d)が通過すれば正規反射光量が約40倍に増し金属面の通過が検知される。欠陥遮光式と異なり散乱反射光による受光量の減少を利用するものではない。

本発明においては、検査対象の位置が管の内表面であるから、前記現象の利用のため、発光器を管の中心軸上に位置させ、中心軸方向に発光するようにして、回転ミラーで受け、管内壁に向けて放射し、その正規反射光量が受光できる位置に受光素子を配置する。

第2図は本発明において使用する光学系のプローブ型の検出器(1)の1例を示す。この検出器(1)は小径長尺の被検査管(2)内面を管軸線方向に移行可能のように移行間隙だけ小径としたガイド(3)(3)を中間の透明円筒体(4)と結合して外套(6)とする。外套透明円筒体(4)内には発光素子(6)を持つ発光器(7)、回転ミラー(8)、光電変換素子(9)

を示す後述の管外の制御装置(4)と接続ケーブル(4)を介して接続される。プローブ型の検出器は反射端に連結用鉄片(4)を持つ。

第3図は接続ケーブル(4)により管内を移動するプローブ型検出器(1)と接続される制御装置の構成の1例を示す。この装置はプローブ型検出器(1)のためのレーザー電源(4)回路、モータ電源(4)回路ならびに受光信号処理制御回路、表示記録装置等よりなる。前記のように、管内壁からの反射光は光電変換素子(9)に受光されて光電変換され、この電気信号は接続ケーブル(4)を経て増巾器(4)で増巾され微分器(4)を経てプラクン管オシロスコープ(4)に入力され波形観測されるとともに、ピークホールド回路(4)を経てペン書オシログラフ(4)に自動記録される。また比較器(4)によりあらかじめ設定されたしきい値を越える電圧信号、すなわち反射光量の加があつたときは自動警報器(4)より警報を発して塗装不良部の存在を判別させる。

第4図はプローブ型の検出器(1)の管軸線方向

の移動手段を含む検査装置全体の構成を示す。

ベークライトなどの棒状体の先端に永久磁石(1)を収付けた連結具(2)を用意し、引張りケーブル(3)を接続しエヤーガン(4)を用いて被検査内に制御装置(5)と反射側(6)から送り込んで通過させ、他側(A)で永久磁石(1)、鉄片(2)の吸着によりプローブ型検出器(1)を連結する。こうして自動巻取機(31)を駆動してケーブル(3)、連結具(2)を介しプローブ型検出器(1)をA側からB側に管軸線方向に一定速度で牽引移行させながら回転ミラー(8)により管内面の回転走査を行う。この移行速度は照射レーザー光のスポット径1mm、回転ミラー(8)の回転数12,000 rpmの場合12mm/分とすることが可能である。検出器(1)がB側に達すると自動巻取機(31)を停止させ、検出器(1)を連結具(2)により取外し、引戻して次の管の検査に移行する。

第5図は検出波形例を示す。第5図(ハ)は皮膚不良のない正常管部分、第5図(ヘ)は巾3mm、長さ15mmの皮膚不良部の検出例、第5図(ニ)は面積

を有する皮膚不良部の検出例、第5図(ニ)は点状の皮膚不良の集合部の検出例である。

(発明の効果)

本発明によると次の諸効果が得られる。

(1) 高効率化が達成される。

ファイバースコープなどを媒体とした人為的目視判断に依存しない自動検査を実施することが可能となり、従来技術に比較し約10数倍の高効率化が達成できた。従つて復水器冷却細管の全量検査も可能となる。

(2) 検出精度の向上

(a) 目視判断に依存しないため、不良部の判別に熟練を必要とせず、かつ不良部の見落としが皆無となつた。

(b) 従来技術ではファイバースコープの解像度の限界からする不良部の識別限界が1mm以上であつたが、本発明によれば0.3mm以上の不良部が充分精度よく検出でき、著しく検査精度が向上した。

#### 4 図面の簡単な説明

第1図(ハ)は反射光量方式の欠陥入光式の光学系の配置を示す図、第1図(ヘ)はその欠陥到来時の状態を示す図、第1図(ニ)は反射光量方式の欠陥入光式の光学系の配置を示す図、第1図(ニ)はその欠陥到来時の状態を示す図、第1図(ニ)は本発明の光学系の配置および受光状態を示す図、第1図(ニ)はその検査不完全部の金属面の到来時の受光量増加状態を示す図、第2図は本発明において使用する光学系の検出器の1例を示す縦断面側面図、第3図は管内検出器および管外制御装置の構成を示すブロック配線図、第4図は検出器の管軸方向移動手段を含む本発明において使用する検査装置の1例の全体の部分縦断配置説明図、第5図(ハ)は正常管部のオシロスコープオシログラフの検出波形図、第5図(ヘ)は線状皮膚不良部の同検出波形図、第5図(ニ)は面状皮膚不良部の同検出波形図、第5図(ニ)は集合点状皮膚不良部の同検出波形図である。

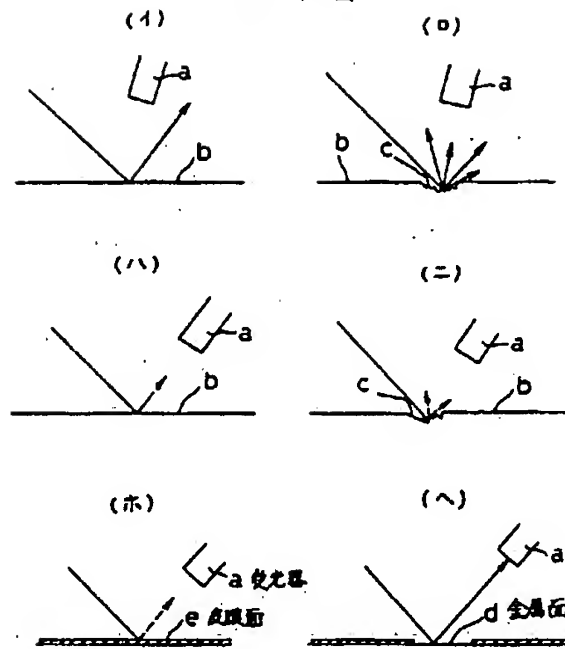
(1)・・・プローブ型の検出器、(2)・・・被検査、(3)・・・ガイド、(4)・・・透明円筒体、(5)・・・外套、

(6)・・・発光素子、(7)・・・発光器、(8)・・・回転ミラー、(9)・・・光電変換素子、(10)・・・受光器、(11)・・・発光器ホルダ、(12)・・・レンズ、(13)・・・モータ、(14)・・・ケーブルコネクタ、(15)・・・制御装置、(16)・・・接続ケーブル、(17)・・・連結用鉄片、(18)・・・レーザー電源、(19)・・・モータ電源、(20)・・・増巾器、(21)・・・数分器、(22)・・・ブラウン管オシロスコープ、(23)・・・ピークホールド回路、(24)・・・ペン書オシログラフ、(25)・・・比較器、(26)・・・警報器、(27)・・・永久磁石、(28)・・・連結具、(29)・・・引張りケーブル、(30)・・・エヤーガン、(31)・・・自動巻取機、(A)(B)・・・管端記号、(a)・・・受光器、(b)・・・対象物体、(c)・・・欠陥、(d)・・・金属面、(e)・・・皮膚面。

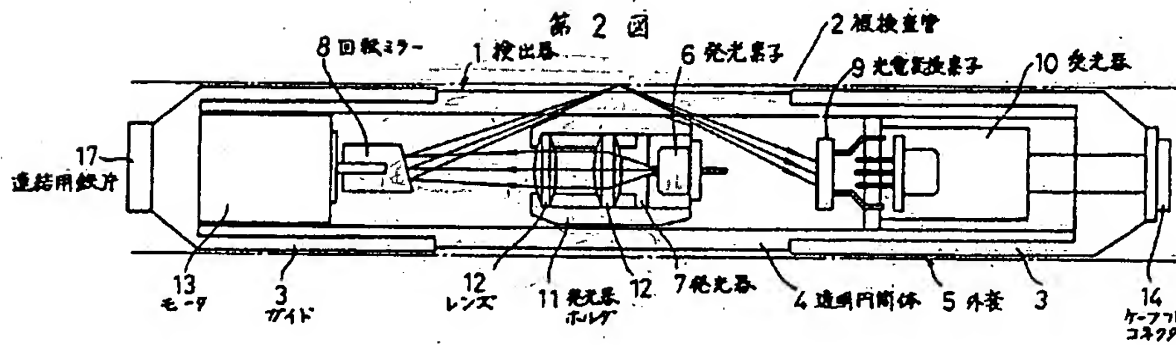
特許出願人代理人氏名

弁理士 角 田 嘉 宏

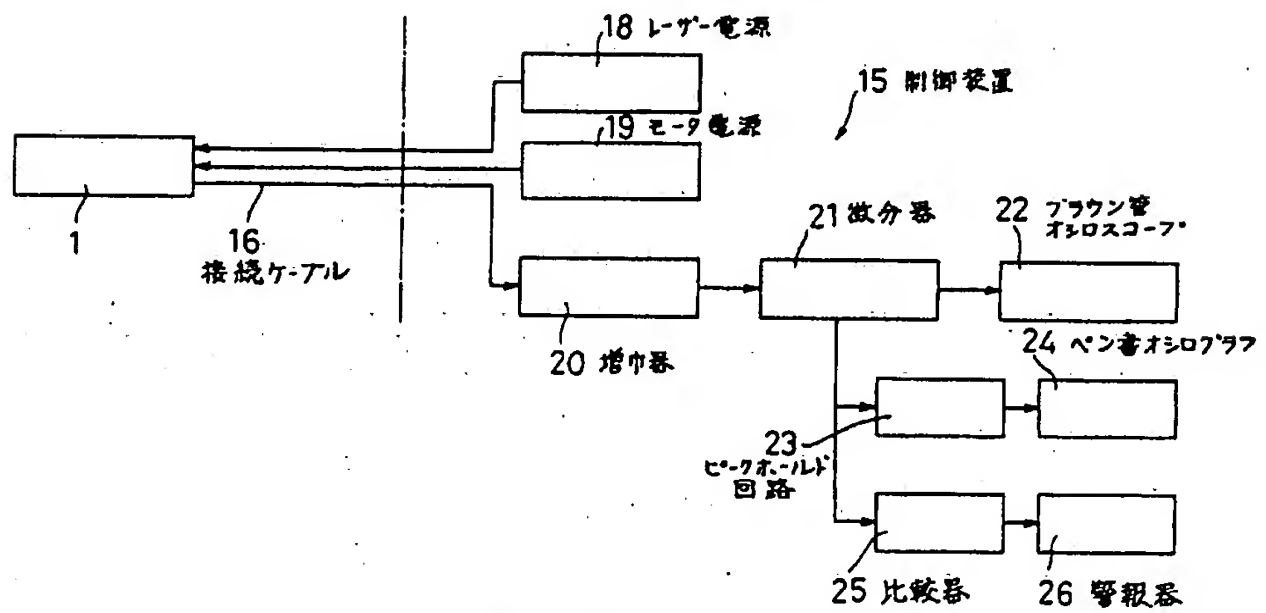
第1図



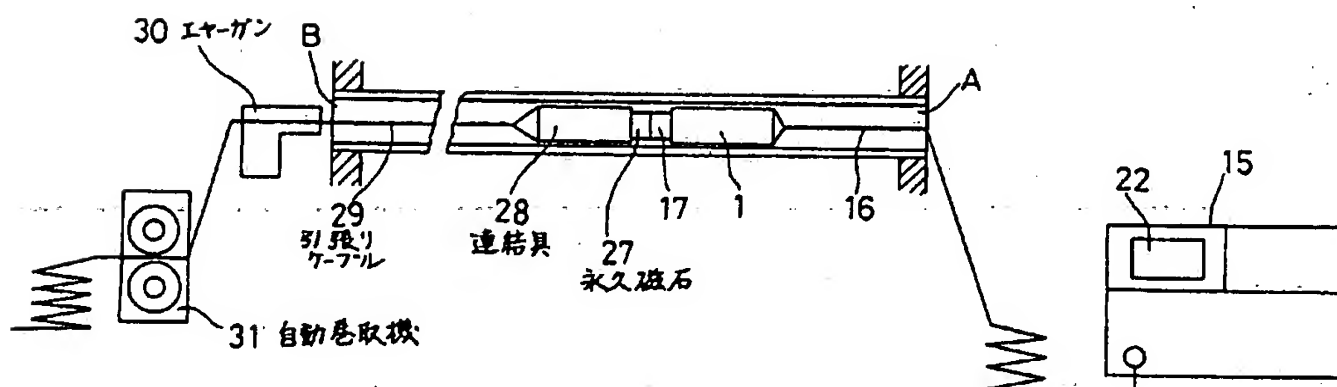
第2図



第3図



第4図



第 5 図

